

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

PŘEPRAVNÍK NA EURO PALETY

TRAILER FOR EURO PALETTE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ MICHAL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV KAŠPÁREK, Ph.D.

BRNO 2009

Anotace

Tomáš MICHAL

Přepravník na euro palety

BP, ÚADI, 2009, str. 36, obr. 27.

Práce se zabývá návrhem konstrukce jednoosého nebrzděného přepravníku, jenž využívá gravitační válečkové tratě. Nejprve se zaměřuje na návrh základních rozměrů a posléze na návrh rámu, válečkové tratě a zadního mechanismu. Všechny součásti přepravníku mají výrobní výkres a jsou jednotlivě namodelovány do 3D rozměru. Je zde proveden funkční výpočet, který obsahuje stanovení jmenovité rychlosti skluzu euro palety po válečkové trati, včetně pevnostní kontroly rámu.

Klíčová slova: Přepravník, rám, gravitační válečková trať, zadní mechanismus, váleček velký, váleček malý, závěsné zařízení, náboj, odpory přepravníku, uhel sklonu, rychlost euro palety.

Annotation

Tomáš MICHAL

Trailer for EURO palette

BW, ITE, 2009, pp. 36, fig. 27.

Project detaily decscribe design of trailer construction which utilized gravitational roller way. Firstly we are going to focuse at determination of main proportion and later on at the construction of each single part (frame, roller way and rear mechanism). All parts of the trailer have their own technological plan and project also includes 3D models of them. Obvious part of the project documentation is also functional counting where is determined named velocity euro-palett slide on roller way and fixity counting at once.

Key words: Trailer, frame, gravitational roller way, rear mechanism, big roller, small roller, suspensory mechanism, hub, rulley counteraction, angel of gravitation, velocity of euro-pallet

Bibliografická citace mé práce

MICHAL, T. *Přepravník na EURO palety*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojího inženýrství, 2009. 36 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce pana Ing. Jaroslava KAŠPÁRKA, Ph.D. a s použitím uvedené literatury.

V Brně dne 29. května 2009

.....

Poděkování

Za účinnou podporu a obětavou pomoc, cenné připomínky a rady při zpracování bakalářské práce tímto děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Jaroslavu KAŠPÁRKOVÍ Ph.D.

Obsah

1. ÚVOD	7
2. KONSTRUKČNÍ NÁVRH	8
2.1. Všeobecně	8
2.2. Nosná konstrukce – rám Válečkové trať	9
2.2.1. Vedení tratě	10
2.2.2. Strážní vedení	10
2.2.3. Váleček velký	11
2.2.4. Váleček malý	12
2.3. Zadní mechanismus	13
2.4. Kola	14
2.4.1. Náboj	14
2.4.2. Pneumatiky	15
2.5. Stupačky	16
2.6. Tažné zařízení	17
2.6.1. Nástavec na tažné zařízení	17
3. PRINCIP	18
3.1. Nakládka	19
3.2. Přeprava	19
3.3. Vykládka	20
4. FUNKČNÍ VÝPOČET	21
4.1. Gravitační válečková trať	21
4.1.1. Úhel sklonu přepravníku	21
4.1.2. Počet válečků pod paletou	22
4.1.3. Určení rychlosti na konci tratě	22
4.2. Pohybové odpory	24
4.2.1. Hlavní odpory	24
4.2.2. Vedlejší odpory	24
4.2.3. Odpor valivého a čepového tření	25
4.2.4. Odpor válečků	26
4.2.5. Celkový odpor	26
4.3. Hmotnost připadající na váleček	26
4.4. Hmotnost rotujících částí válečků	27
5. PEVNOSTNÍ VÝPOČET	28
5.1. Válečky	28
5.2. Rám	29
5.3. Hřídel	31
6. SKLADOVÁNÍ A ÚDRŽBA	32
Závěr	33
Seznam použitých zdrojů	34
Seznam použitých zkratk a symbolů	35
Seznam příloh	36

1. Úvod

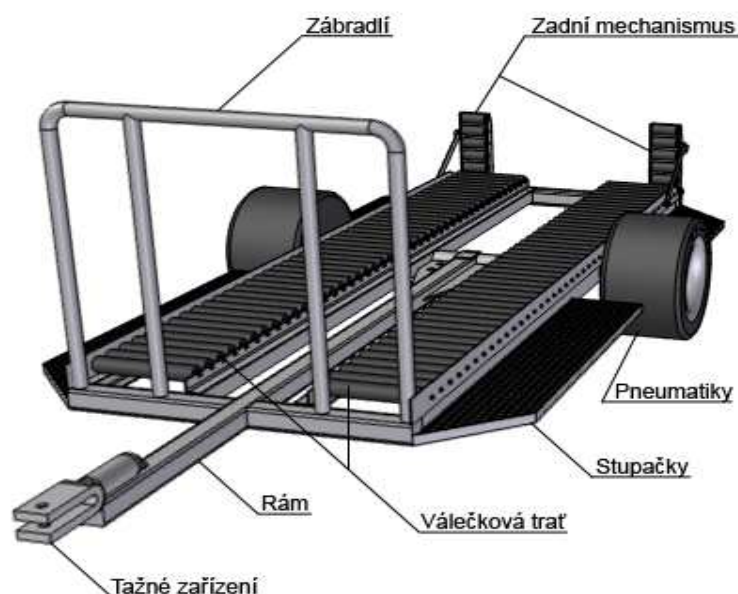
Gravitační válečkový přepravník je určen pro přepravu euro palet a ohradových palet mezi sadem a skladem. Je navrhnut tak, aby vykládka palet byla co nejjednodušší a nejrychlejší. To umožňují gravitační válečkové tratě, které vytváří hlavní pohybový a nosný element.

Přepravník má řadu předností:

- snadná a rychlá manipulace
- rychlé složení nákladu bez externí pomoci
- vysoká nosnost
- možnost přepravy na velké vzdálenosti
- jednoduchá údržba
- jednoduchá konstrukce
- spolehlivost

Své uplatnění najde především v zemědělském průmyslu. Přepravník je navrhnutý na přepravu jablek v ovocných sadech, ale své využití najde také v přepravě vína, zelí, třešní, višní a všude, kde se náklad přepravuje na euro paletách či ohradových paletách.

Gravitační válečkový dopravník je navrhnut tak, aby byl jednoduchý, funkční a cenově dostupný pro výrobu. Zanedbal jsem rozvod elektrické soustavy a zaměřil se především na samotnou konstrukci přepravníku.



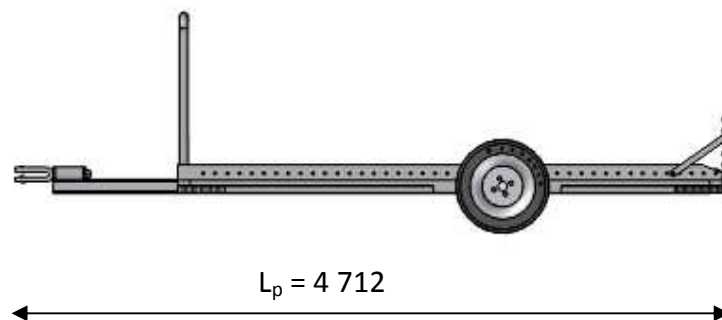
Obr.1 Přepravník

2. Konstrukční návrh

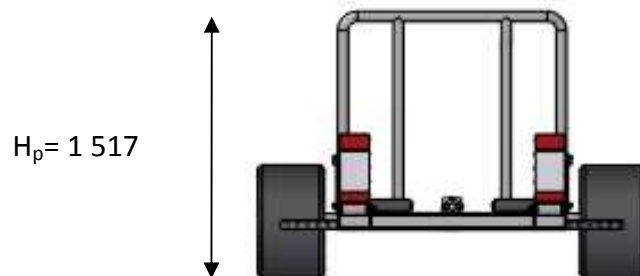
2.1 Všeobecně

Jedná se o gravitační přepravník se dvěma nosnými válečkovými tratěmi. Délka přepravníku je konstruována pro přepravu maximálně čtyř euro palet. Nakládka palet je prováděna ručně. Vykládka je řešena skluzem palet po gravitační válečkové trati za pomoci hydrauliky a zadního mechanismu. Celá konstrukce je po montáži natřena syntetickou barvou.

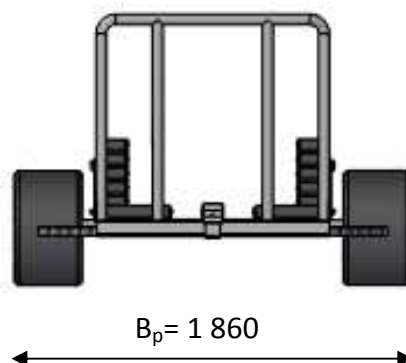
Tyto parametry určují základní rozměry přepravníku:



Obr.2 Délka přepravníku



Obr.3 Výška přepravníku

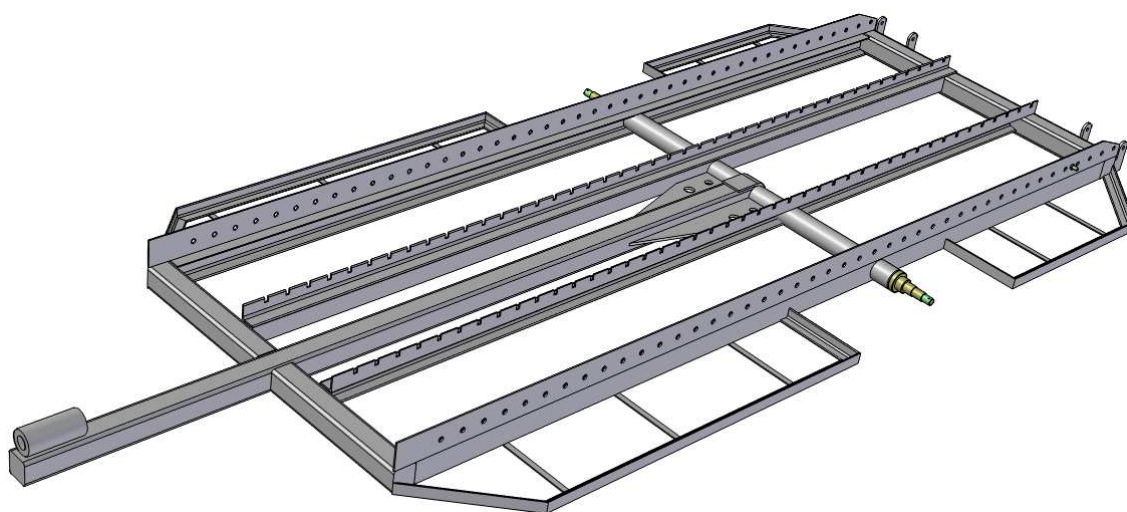


Obr.4 Šířka přepravníku

2.2 Nosná konstrukce - rám

Rám viz *Obr.5* je hlavní nosná konstrukce přepravníku. Přední i zadní část konstrukce je z oceli 11 373 normalizovaných trubek TR 4HR 80X8. Levá a pravá část konstrukce je tvořena z tyčí profilu U80/B ČSN 42 5570. Ve středu jsou navařeny dvě tyče profilu U65/B, které tvoří nosník válečkové tratě a zároveň slouží jako zpevnění konstrukce.

Hřídel je tvořena trubkou $\varnothing 75$ ČSN 42 0138.50 z materiálu 11 373 ke které jsou ze stran přivařeny náboje pro usazení kol. Na zadní části konstrukce jsou přivařeny patky pro čep na uchycení zadního mechanismu.



Obr.5 Rám

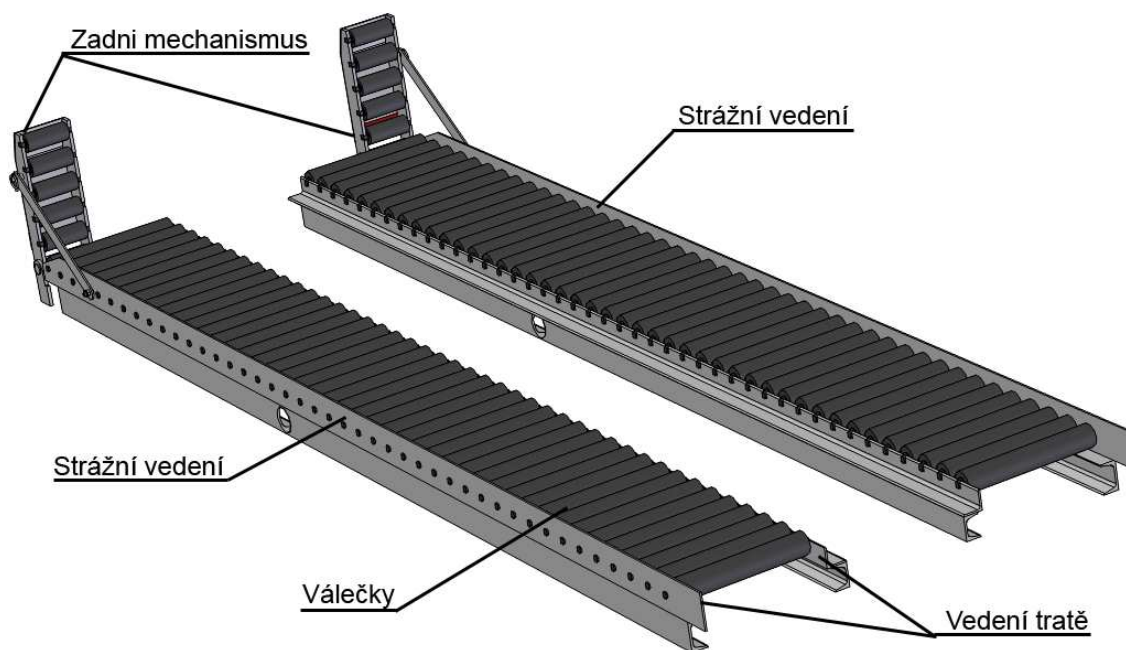
2.3 Válečková trať

Nejhlavnější část přepravníku je válečková trať. Tvoří hlavní nosný a pohybový element a je tvořena 88 válečky usazený ve vedení tratě. Nedílnou součástí tratě je i zadní mechanismus viz *Obr.13*, ve kterém je usazeno 10 válečků.

2.3.1 Vedení tratě

Válečková trať se skládá z normalizovaného profilu L 55x5 a plechu P10 (strážní vedení), ve kterém jsou vyfrézovány a vyvrtány otvory pro uložení jednotlivých válečků.

Válečky jsou zajištěny bodovým přivařením hřídelky válečku k vedení válečkové tratě.



Obr.6 Válečková trať

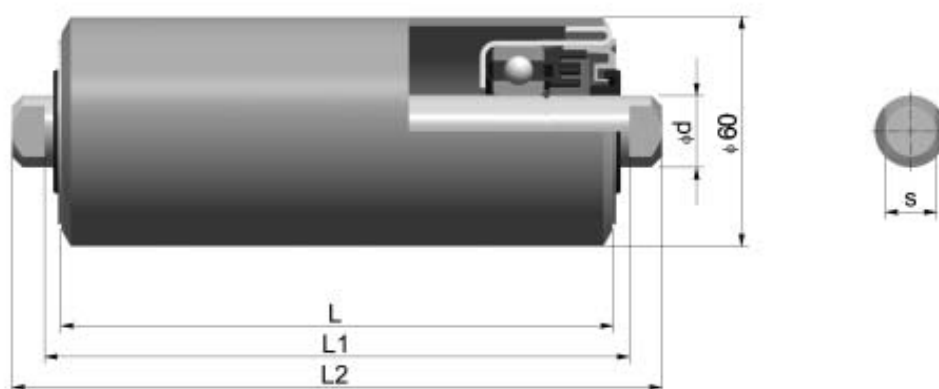
2.3.2 Strážní vedení

Strážní vedení viz *Obr.6*, je normalizovaný plech P10 přivařen podél válečkové tratě. Vedení zamezuje posunu euro palety do stran přepravníku a zajišťuje tak stabilitu a přesnost při vykládce.

2.3.3 Váleček velký

Dle vypočítaných hodnot volím válečky z katalogu EasyRun Rollers, TRANZA a.s. váleček hladký s osazením typu H, ložiskem 6203. Váleček tvoří hlavní nosný element a působí na něj největší zatížení. Je povrchově upraven galvanickým pozinkováním. Válečky se skládají z pláště z bezešvé trubky. Ložiska jsou oboustranně uložena a zakryta planžetou z PVC, mazána tukem.

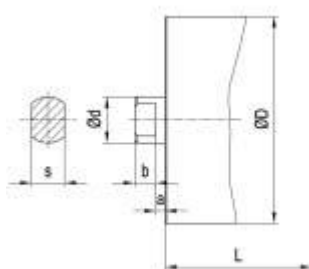
- Ocelové čelo s kuličkovým ložiskem 6202
- Ocelový plášť s tloušťkou stěny 3 [mm]
- Ocelová hřídel s osazením typu A viz *Obr.9*



Obr.7 Rozměry velkého válečku

Tab.1 Tabulkové zobrazení rozměrů velkého válečku

označení	rozměry [mm]
ØD	60
Ød	17
L	380
L1	390
L2	408
s _v	14
m _v	2,4 kg



Obr.8 Schéma velkého válečku

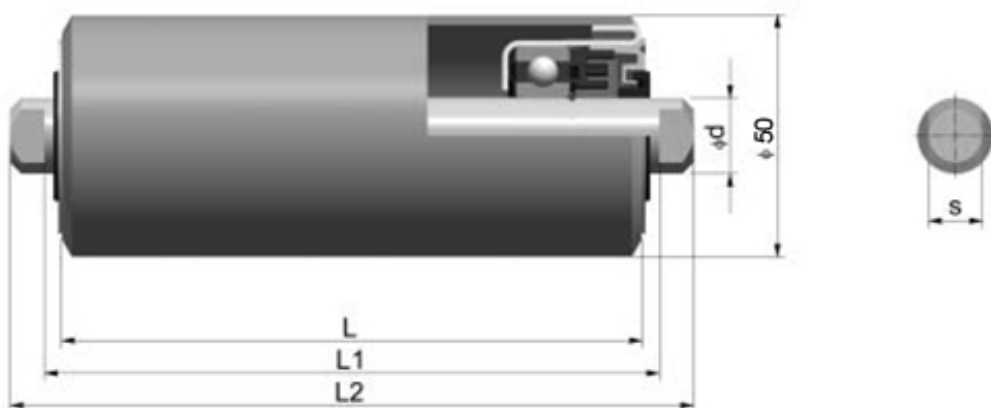


Obr.9 Hladký váleček – typ A Lit[5]

2.3.4 Váleček malý

Z katalogu EasyRun Rollers, TRANZA a.s. volím váleček hladký s osazením typu H, ložiskem 6203. Váleček je uložen ve vedení zadního mechanismu, určený pro vykládku euro palet. Je povrchově upraven galvanickým pozinkováním. Válečky se skládají z pláště z bezešvé trubky. Ložiska jsou oboustranně uložena a zakryta planžetou z PVC, mazána tukem.

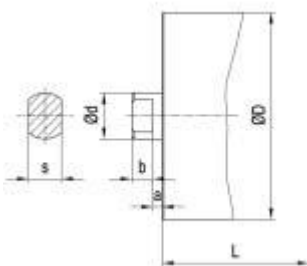
- Ocelové čelo s kuličkovým ložiskem 6203
- Ocelový plášť s tloušťkou stěny 3 [mm]
- Ocelová hřídel s osazením typu A viz *Obr.12*



Obr.10 Rozměry malého válečku

Tab.2 Tabulkové zobrazení rozměrů velkého válečku

označení	rozměry [mm]
ØD	50
Ød	17
L	130
L1	140
L2	160
s_v	14
m_v	0,75 kg



Obr.11 Schéma malého válečku

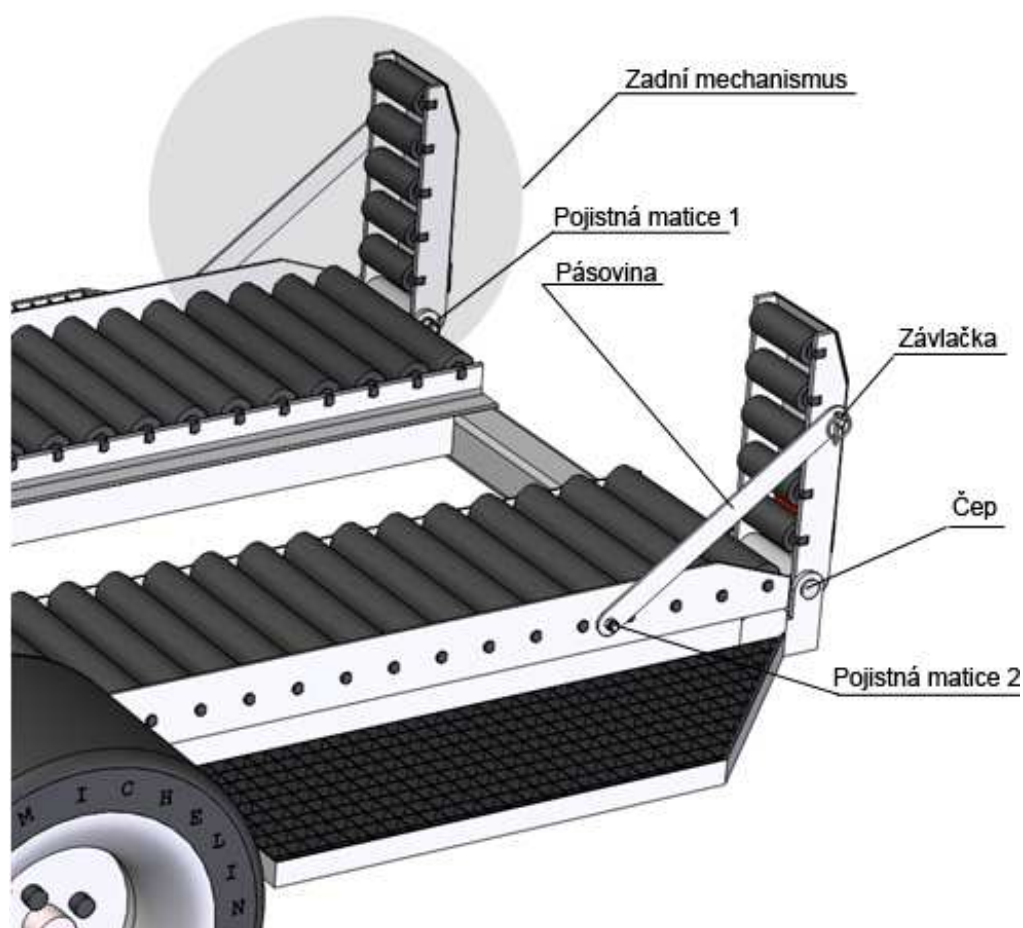


Obr.12 Hladký váleček – typ A Lit [5]

2.4 Zadní mechanismus

Zadní mechanismus slouží jako druhá válečková trať, po které euro palety skluzem sjedou na zem. Je tvořen dvěma plochými tyčemi PLO 60x10Z ve kterých jsou vyříznuty otvory pro usazení malých válečků. Na zadní stranu je přivařen tenký ohýbaný plech, který chrání před poškozením válečků po dopadu mechanismu na zem.

Mechanismus je připevněn k rámu konstrukce přišroubováním šroubem k držákům a zajistí se přitažením pojistných matic. Šroub pak tvoří osu rotace při sklopení mechanismu na zem.



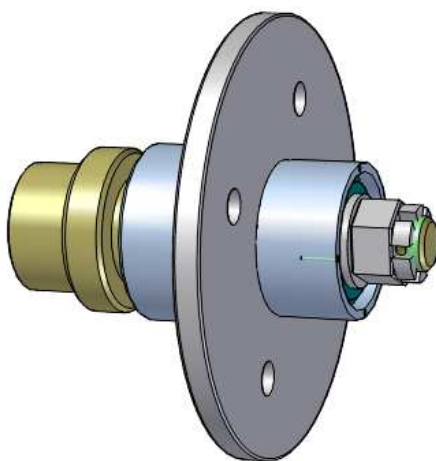
Obr.13 Zadní mechanismus

2.5 Kola

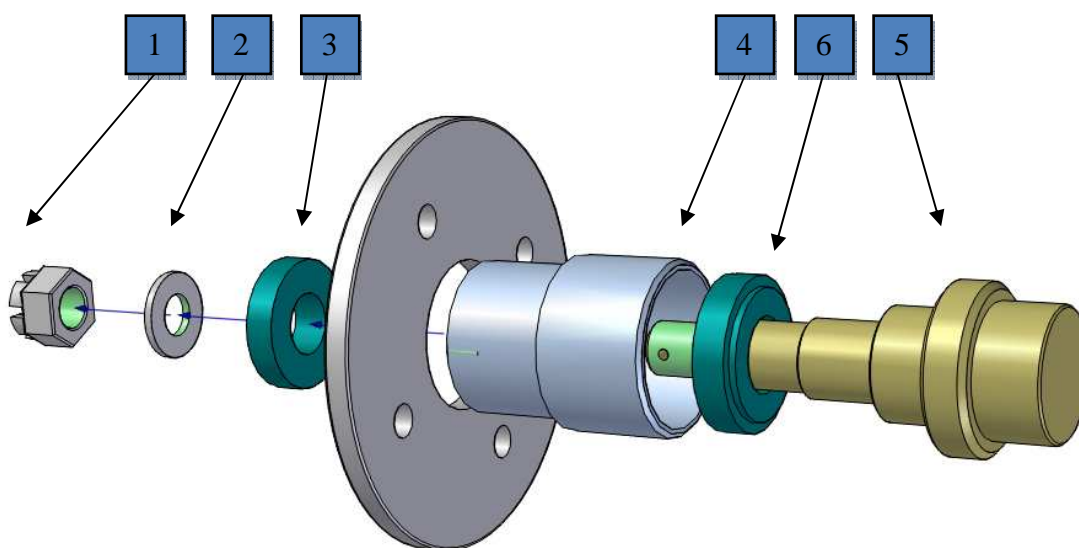
Kola jsou zvolena typová a uložena v ložiskách náboje v hřídeli na rámu přepravníku.

2.5.1 Náboj

Náboj č.5, vyroben z oceli 11 373, je koutovým svarem přivařen k hřídeli k rámu konstrukce. Skládá se ze dvou válečkových ložisek 30207 č.7 a 30206 č.3, příruby přední č.4. Kola jsou zajištěna čtyřmi šrouby, podložkou č.2 a korunkovou maticí M14 č.1, která je zajištěna závlačkou. Náboj dále obsahuje přední přírubu a víčko, které chrání pojistnou matici před nečistotami, kroužkové gufero a šrouby na pneumatiky.



Obr.14 Náboj



Obr.15 Náboj rozložený

2.5.2 Pneumatiky

Zvolil jsem zemědělské pneumatiky značky Mitas s universálním dezénem dušového provedení, které zaručují dobrou stabilitu přepravníku. Jsou uloženy v kuličkových ložiscích.



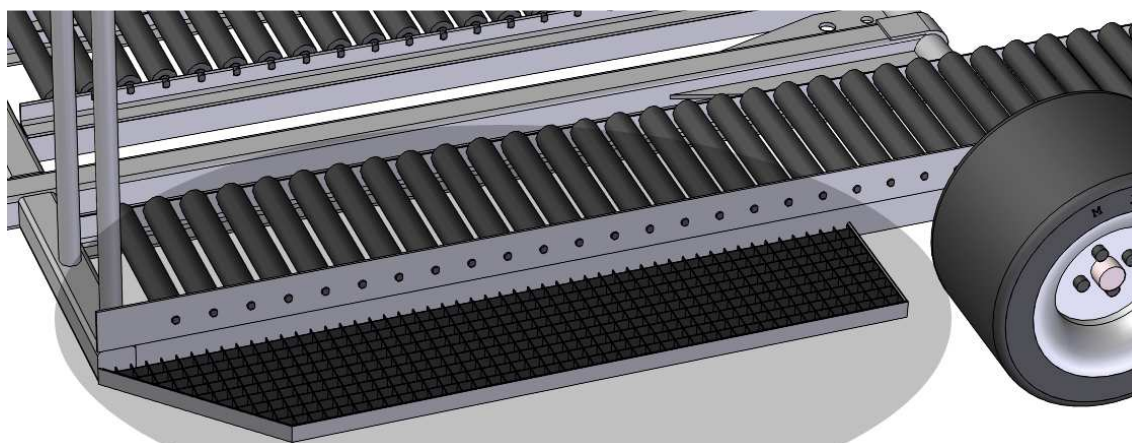
Obr.16 Pneumatika z katalogu firmy pneu Koltico

Tab.3 Rozměry pneumatiky

Rozměr	10.0/75-15.3reinf
Disk	9,00x15,3
Šířka [mm]	264
Průměr [mm]	760
Statický poloměr [mm]	351
LI /kg	143A8
PR	18
Provedení	TT

2.7 Stupačky

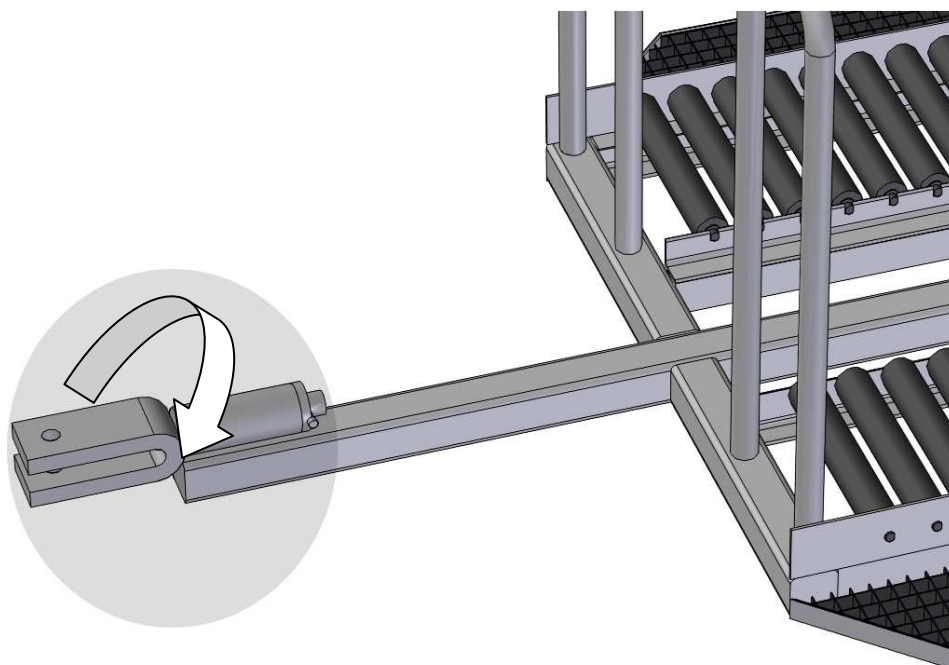
Rám pro stupačky je svařen z normalizovaných tyčí profilu L 40x5, které jsou přivařeny k rámu konstrukce. Rám je vyztužen dvěma pásovinami, které jsou přivařeny k rámu konstrukce pod stupačkami. Do rámu je vložena pozinkovaná mříž.



Obr.17 Stupačky

2.7 Tažné zařízení

Závěs je vyroben z tlusté ohýbané pásoviny. Ta je přivařena k čepu, který je vložen do válce a zajištěn šroubem. To zajistí rotaci závěsu vůči konstrukci při jízdě na nerovném povrchu.



Obr.18 Nástavec pro závěs

2.7.1 Nástavec na tažné zařízení

Tažné zařízení lze měnit podle druhu vlečného vozidla. Je navrženo pro závěs na 1 kolík tzn. jednobodové zapojení, tak i pro dvoubodové zapojení. K tomu je vyroben redukční nástavec do hydraulických ramen viz Obr. 19.



Obr.19 Nástavec

3. Princip

Aby přepravník mohl plně využít gravitační válečkové tratě je nutno jej zapojit za tažné vozidlo, které využívá funkci hydraulických ramen *Obr.20* (např. traktor). Hydraulická ramena zajišťují manipulaci s přepravníkem (nahoru, dolů) a tím vytváří nakloněnou rovinu nutnou pro skluz euro palet na zem.



Obr.20 Hydraulická ramena

3.1 Nakládka

Euro palety viz *Obr.21* a ohradové palety viz *Obr. 22* se na přepravník nakládají ručně, nebo vysokozdvizným vozíkem. Paleta má rozměry 1200x800 [mm].



Obr.21 Euro paleta



Obr.22 Ohradová paleta

3.2 Přeprava

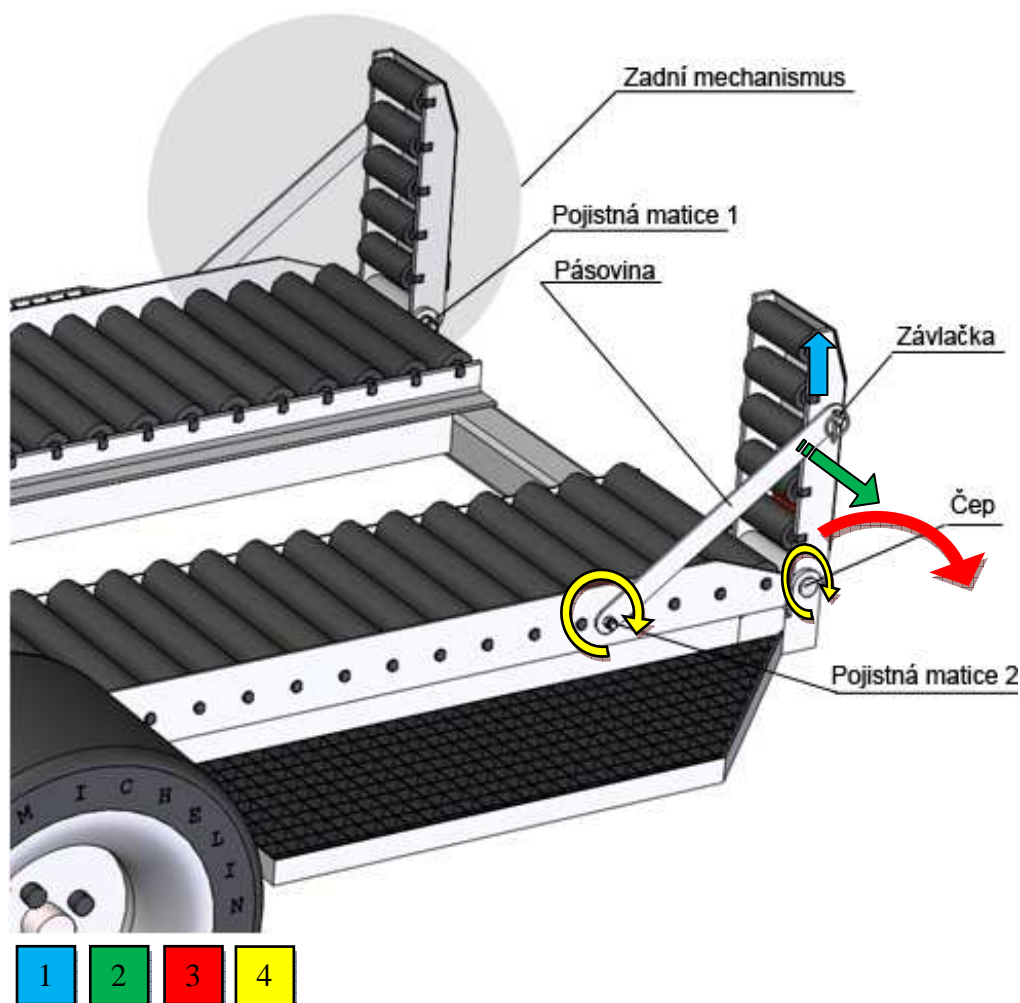
Pro bezpečnou přepravu palet je nutno přepravník hydraulicky naklonit směrem dolů. Tím vznikne nakloněná rovina a palety se vlivem gravitační síly zapřou o zábradlí konstrukce a nebudou se tak samovolně pohybovat po trati během přepravy. Stabilitu proti posuvu do stran zajišťuje strážný vedení viz *obr.6*

3.3 Vykládka

Při vykládce palet musíme dodržet tento postup:

Pro vykládku ohradových palet je třeba nejprve odjistit zadní mechanismus, který je umístěný na levé i pravé straně zadní části přepravníku. Ten se odjistí tak, že se vytáhne jistící závlačka z čepu č.1, který je umístěn na bocích mechanismu. Poté se jednoduše vysune pásovina z čepu č.2, tím dojde k odjištění a mechanismus se samovolně sklopí na zem č.3 a vznikne další válečková trať. Č.4 naznačuje kde je rotační pohyb.

Poté co je zadní mechanismus odjištěn, hydraulikou viz Obr. 20, ve vozidle se přizvedne přepravník směrem nahoru tak, aby vznikla nakloněná rovina. Společně s nakloněnou rovinou a uvedením přepravníku do pohybu směrem dopředu dojde ke složení palet (ohradových palet) na zem. Rychlost složení palet závisí na úhlu sklonu tratě a rychlosti popojetí tažného vozidla dopředu. Při vykládce maximálního počtu palet tzn. čtyř, volíme větší úhel sklonu, naopak při vykládce menšího počtu palet volíme úhel menší.



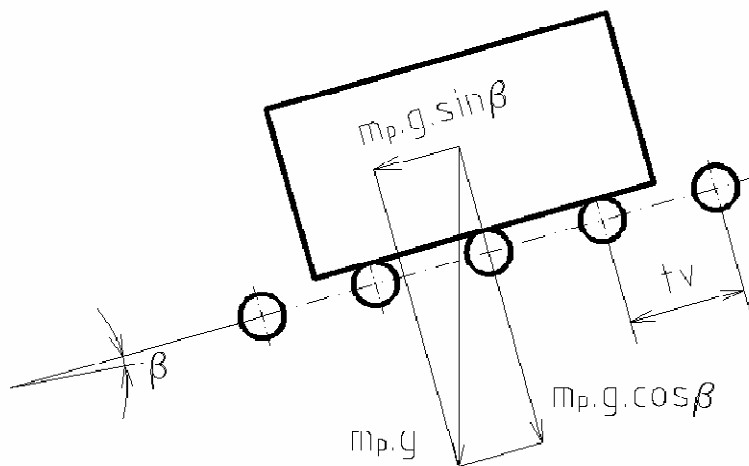
Obr.23 Zadní mechanismus

4. Funkční výpočet

Funkční výpočet přepravníku provádím za plného zatížení 4 ohradových palet, kdy každá paletová skříň je zatížena 500kg.

4.1 Gravitační válečková trať

4.1.1 Úhel sklonu přepravníku



Obr.24 Schéma zatížení tratě lit [3]

Zde je proveden výpočet při naklonění přepravníku o 11cm nahoru.

počet přepravovaných palet	4 paletové skříně
počáteční rychlost palety	$v_0 = 0,3 \text{ m.s}^{-1}$
dopravní výška je	$h = 0,11 \text{ m}$
rozteč válečků	$t = 0,080 \text{ m}$
součinitel valivého odporu	$e = 0,001 \text{ m}$
součinitel čepového tření	$f_c = 0,02$
poloměr čepu	$r_c = 8,5 \text{ mm}$
součinitel tření dřevo-plech	$f = 0,20$

$$\sin \beta = \frac{h}{L} = \frac{0,11}{3,4} = 0,032$$

$$\underline{\underline{\beta = 1^{\circ}85'}}$$

(1)

4.1.2 Počet válečků pod jednou paletou

Počet válečků pod jednou paletou

$$k_1 = \frac{a}{t} \cdot 2 = \frac{0,8}{0,08} \cdot 2 = \underline{\underline{20}} \quad (2)$$

Paleta o délce $a=0,8\text{m}$ spočívá na 20 válečcích. Volím válečky $\varnothing 60\text{mm}$, o délce 140 mm, tloušťce stěny 3mm. Hmotnost rotujících částí válečku $q_c=2,4\text{kg}$.

Hmotný moment setrvačnosti válečku

$$J = q_v \cdot r_s^2 = 2,4 \cdot 0,0285^2 = 0,001949 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (3)$$

4.1.3 Určení rychlosti V_k na konci trati

Zatížení jednoho válečku od tíhy břemene

$$q = \frac{m_p \cdot g \cdot \cos \beta}{k_1} = \frac{500 \cdot 9,81 \cdot \cos 1^\circ 85'}{20} = \underline{\underline{245,122\text{N}}} \quad (4)$$

Celkový počet válečků na trati

$$z = \frac{L}{t} \cdot 2 = \frac{3,4}{0,08} \cdot 2 = \underline{\underline{88}} \quad (5)$$

Pro pohyb předmětů po trati platí rovnice, kdy přírůstek kinetické energie předmětu na dráze L je roven potenciální energii zmenšené o práci pasivních odporů:

$$\frac{1}{2} m_p (V_k^2 - v_0^2) = m_p \cdot g \cdot L \cdot \sin \beta - L \left(m_p \cdot g \cdot \cos \beta \frac{e + f_c \cdot r_c}{R} + k_1 + q_v \cdot g \frac{f_c \cdot r_c}{R} + \frac{J \cdot \omega_s^2}{1} \right) \quad (6)$$

Kde jsou pasivní odpory uváděny: (valivý odpor + čepový odpor + práce celkového odporu způsobeného najetím předmětu na stojící váleček)

Střední úhlová rychlost ω_s se vypočte jako aritmetický průmět hodnot počáteční a konečné rychlosti

(7)

$$\omega_s = \frac{\omega_s + \omega}{2} = \frac{v_0 + v_k}{2R}$$

odtud

(8)

$$\frac{J \cdot \omega_s^2}{1} = \frac{J}{1} \left(\frac{V_0 + V_k}{2R} \right)^2 = \frac{J}{4 \cdot 1 \cdot R^2} (V_0^2 + 2 \cdot V_0 \cdot V_k)$$

Po vydělení výchozí rovnice součinem $m_p m_p \cdot g \cdot L$ a dalších úpravách, získáme pro rychlost V vztah:

(9)

$$V_k^2 \left(\frac{1}{2 \cdot g \cdot L} + \frac{J}{4 \cdot 1 \cdot R^2 \cdot m_p \cdot g} \right) + \frac{J}{2 \cdot 1 \cdot R^2 \cdot m_p \cdot g} \cdot V_0 \cdot V_k - \sin \beta + \cos \beta \frac{e + f_c \cdot r_c}{R} + \frac{k_1 \cdot q_v f_c \cdot r_c}{m_p \cdot R} + \left(\frac{J}{4 \cdot 1 \cdot R^2 \cdot m_p \cdot g} - \frac{1}{2 \cdot g \cdot L} \right) V_0^2 = 0$$

Po dosazení číselných hodnot má rovnice tvar

$$V_k^2 \left(\frac{1}{2 \cdot 9,81 \cdot 3,4} + \frac{0,001949}{4 \cdot 1 \cdot 0,03^2 \cdot 500 \cdot 9,81} \right) + \frac{0,001949}{2 \cdot 1 \cdot 0,03^2 \cdot 500 \cdot 9,81} \cdot 0,3 \cdot V_k - 0,032 + 0,99 \cdot \frac{0,001 + 0,02 \cdot 0,0085}{0,03} + \frac{20 \cdot 2,4 \cdot 0,02 \cdot 0,0085}{500 \cdot 0,03} + \left(\frac{0,001949}{4 \cdot 1 \cdot 0,03^2 \cdot 500 \cdot 9,81} - \frac{1}{2 \cdot 9,81 \cdot 3,4} \right) 0,3^2 = 0$$

Konečný tvar kvadratické rovnice

$$0,01501 \cdot v_k^2 + 6,6 \cdot 10^{-5} \cdot v_k + 0,0058229 = 0 \quad (10)$$

Po dosazení do vzorce pro diskriminant kvadratických rovnic
 $v_k = 0,6 \text{ms}^{-1}$

Rychlost na konci válečkové trati je $0,6 \text{ ms}^{-1}$.

Úhel sklonu je závislý na zvednutí přepravníku hydraulikou tažného vozidla. Proto se při každé vykládce mění úhel a rychlost skluzu.

4.2 Pohybové odpory

Celkový pohybový odpor při vykládce přepravníku se skládá z jednotlivých odporů, které lze rozdělit do následujících skupin:

- hlavní odpory, F_H
- vedlejší odpory, F_N

4.2.1 Hlavní odpory

Zahrnují:

- rotační odpory válečků na válečkové dráze vznikající třením v ložiskách a těsnění válečků
- odpory způsobené zamačkáváním válečků do dřeva

Hlavní odpor tření F_H , lze vypočítat zjednodušeným způsobem pomocí globálního součinitele tření f . Při aplikaci Coulombova zákona tření, je hlavní odpor dán globálním součinitelem tření f , délkou tratě L_p , a součtem svislých sil na metr délky vyvolaných všemi pohybuujícími se hmotami; potom lze získat následující vztah

$$F_H = f \cdot L \cdot g \cdot [q_{RO} + q_G \cdot \cos \delta] \quad (12)$$

Globální součinitel tření f , zahrnuje valivý odpor válečkové dráhy a na základě výsledků série měření je stanovena hodnota 0,2.

Aby nedocházelo na válečkové trati k velkým rázům, volím počet válečků $p_1 = 44$. Celkový počet válečků $p_c = 88$, protože válečková trať má dvě dráhy.

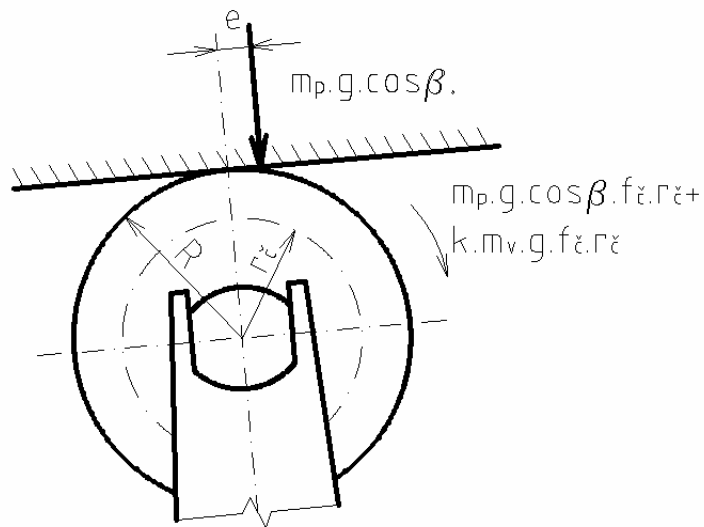
4.2.2 Vedlejší odpory

Zahrnují:

- odpor tření o boční stěny strážního vedení při skluzu palet z přepravníku
- odpor ložisek ve válečcích

Odpor tření o boční stěny strážního vedení při skluzu palet je zanedbatelný.

4.2.3 Odpor valivého a čepového tření



Obr.25 Odpor valení

z [2] str.216 (13)

$$W_1 = \frac{m_p \cdot g \cdot \cos \beta}{r} \cdot (e + f_{\check{c}} + r_{\check{c}}) + k_1 \cdot g \cdot m_v \cdot \frac{f_{\check{c}} \cdot r_{\check{c}}}{r}$$

$$W_1 = \frac{500 \cdot 9,81 \cdot \cos 1^\circ 85'}{0,03} \cdot (0,001 + 0,02 \cdot 0,0085) + 20 \cdot 9,81 \cdot 1,1 \cdot \frac{0,02 \cdot 0,0085}{0,03}$$

$$\underline{W_1 = 192N}$$

Kde:

m_p – hmotnost předmětu [kg]

r – poloměr válečku [m]

e – součinitel valivého tření [m] z [3] str.35

$f_{\check{c}}$ – součinitel čepového tření [-] z [3] str.34

$r_{\check{c}}$ – poloměr čepu válečku v ložisku [m]

k – počet válečků pod jedním břemenem

m_v – hmotnost rotujících částí válečku [kg]

g – tíhové zrychlení [m.s⁻²]

β – úhel sklonu tratě [°]

4.2.4 Odpor válečků

Po najetí předmětu na válečky, které byly do té doby v klidu, vzniká smykové tření ve stykových plochách, které uvádí váleček do rotace z nulové obvodové rychlosti až na průměrnou rychlost předmětu na trati.

$$w_2 = \frac{J \cdot w^2}{t_{v1}}$$

$$w_2 = \frac{m_v \cdot r_s^2}{2 \cdot t} \cdot \frac{(v_0 + v)^2}{4 \cdot r^2}$$

z [1] str.217 (14)

$$w_2 = \frac{1,1 \cdot 0,0285^2}{2 \cdot 0,080} \cdot \frac{(0 + 0,6)^2}{4 \cdot 0,03^2}$$

$$\underline{w_2 = 0,13N}$$

4.2.5 Celkový odpor

Celkový odpor získáme součtem odporů valivého, čepového tření a odporu válečku

$$w = w_1 + w_2$$

(15)

$$w = 192 + 0,13$$

$$\underline{w = 192,13}$$

4.3 Hmotnost připadající na jeden váleček

$$m_1 = \frac{m_p}{k_2}$$

(16)

$$m_1 = \frac{500}{12}$$

$$\underline{m_1 = 41,7 \text{ kg}}$$

Kde:

m_p – hmotnost předmětu [kg]

k_1 – počet válečků pod jedním břemenem

4.4 Hmotnost rotující části válečku 6202

hmotnost ložiska 6202	$m_1 = 0,046 \text{ Kg}$
hmotnost čela	$m_{\text{č}} = 0,097 \text{ Kg}$
hmotnost pláště	$m_{\text{pl}} = 0,89 \text{ Kg}$
hustota železa	$\rho_{\text{Fe}} = 7800 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$$m_v = m_{\text{pl}} + 2 \cdot m_{\text{č}} + 2 \cdot m_1$$

(16)

$$m_v = 0,89 + 2 \cdot 0,097 + 2 \cdot 0,046$$

$$\underline{m_v = 1,1 \text{ kg}}$$

Kde:

m_{pl} - hmotnost pláště válečku [kg]

$m_{\text{č}}$ - hmotnost čela válečku [kg]

m_1 - hmotnost ložiska [kg] z [3] str.477

V_{pl} – obsah pláště válečku [m³]

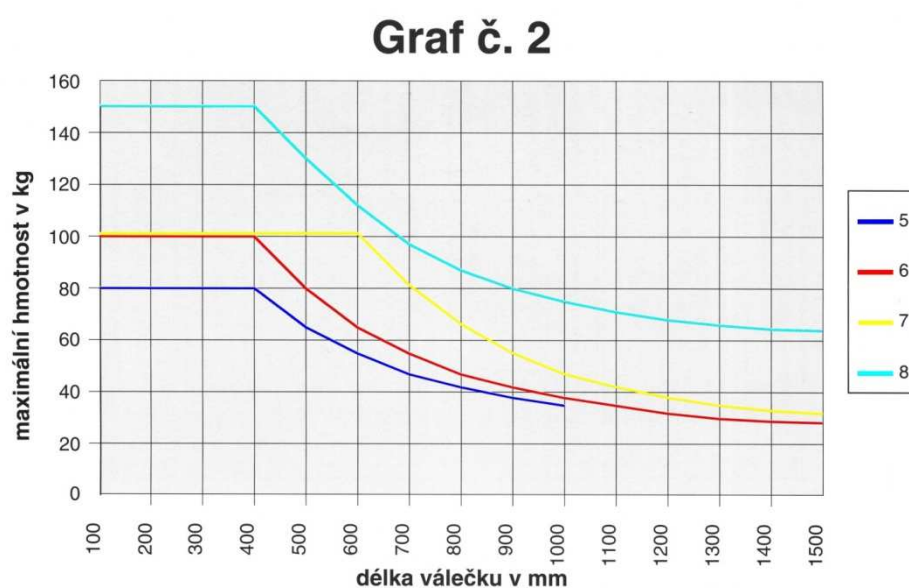
ρ_{Fe} - hustota železa [kg.m⁻³]

5. Pevnostní výpočet

5.1 Válečky

Na grafu viz Obr.nosnosti, je váleček, pro který platí čára č.7. Její vodorovná část je daná nosností součástí válečku (čel, ložisek, trubky pláště), do křivkové části přejde s narůstajícím průhybem osy u dlouhých válečků, způsobujícím vzájemné křížení kroužků ložisek, které nesmí překročit určitou mez.

Pevnostní výpočet osy válečku zde není směrodatný, protože deformační omezení nastoupí dříve než pevnostní.



Obr.26 Graf z katalogu Tranza a.s. Lit [5]

5.2 Rám

Nosník o délce $L=4,380\text{m}$ je uložen do dvou podpor, přičemž je zatížen spojitým zatížením a rozdělen na tři úseky U_1 , U_2 , U_3 .

Tab.4 Úseky nosníku

Číslo úseku	Na počátku [mm ⁴]	Na konci [mm ⁴]	E [MPa]	Souřadnice konce [mm]
1	800000	800000	210000	855
2	3807600	3807600	210000	2942
3	3007600	3007600	210000	4380

Výpočet spojitého zatížení:

$$q_n = \frac{m_1 \cdot g}{L_p} \quad (17)$$

$$q_n = \frac{500 \cdot 9,81}{0,8} = 6131,25 \text{ N/m}$$

Tab.5 Zatížení nosníku

Číslo zatížení	Velikost na počátku [N/mm]	Působíště počátku [mm]	Velikost na konci [N/mm]	Působíště konce [mm]
1	-6131,25	855	-6131,25	4380

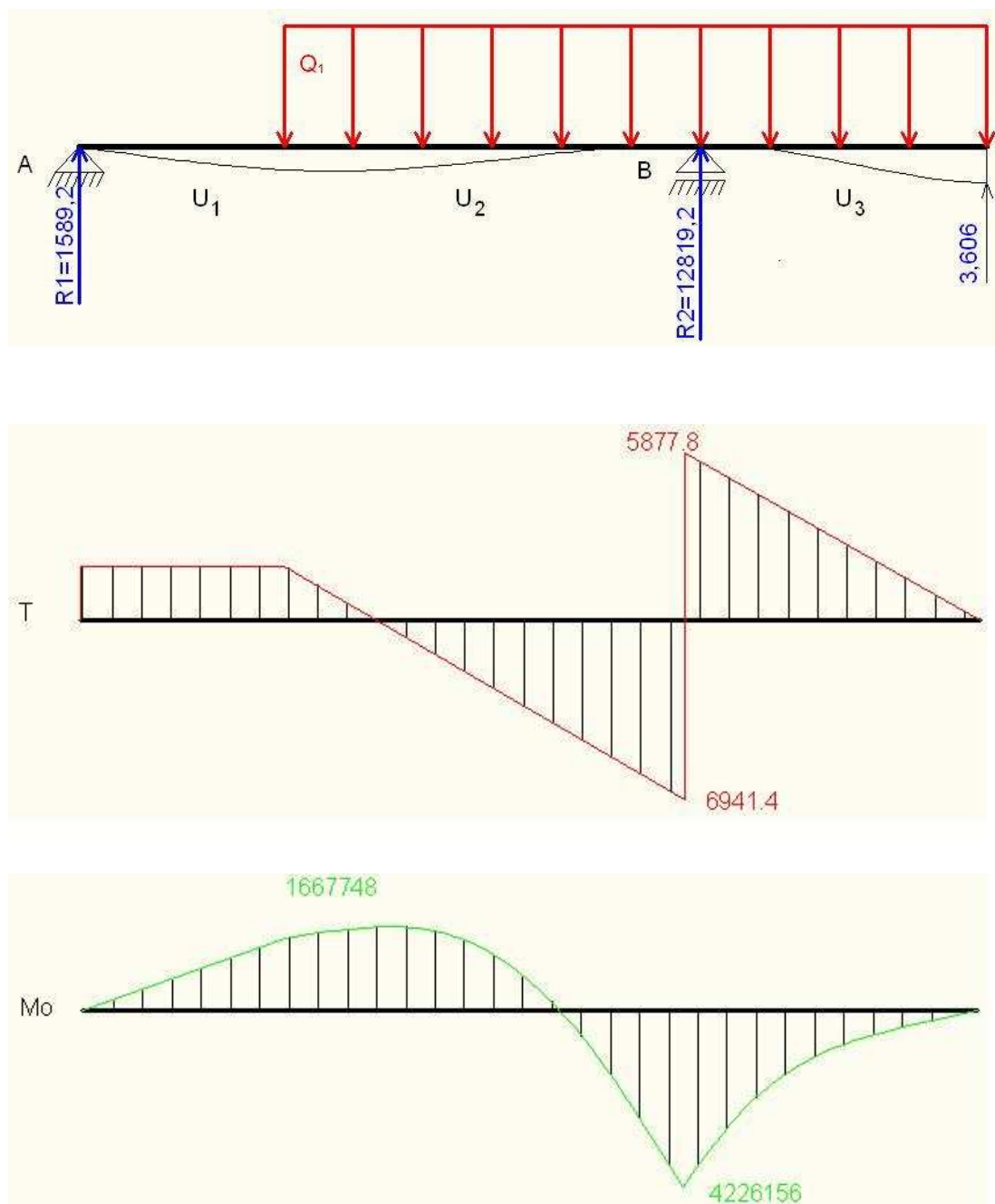
Výsledné reakce:

Tab.6 Výsledné reakce

Číslo reakce	Velikost [N]	Působíště [mm]
1	1589,24	0
2	12819,20	2942

Max. ohybový moment:	-4.2269 [N/m]
Poloha max. Mo	2942.0 ř 1.471 [mm]
Max. posouvající síla	-6941375 [N]
Poloha max. pos. síly	2942.0 ř 1.471 [mm]
Maximální průhyb	-3.60671 [mm]
Poloha max. průhybu	4380.0 ř 1.471 [mm]

Nosník zatížený liniovým zatížením:



Obr.26 Průběh posouvajících sil a ohybového momentu rámu

5.3 Hřídel

Pevnostní zkouška je provedena na nosníku o délce $L=1400\text{mm}$ a je zatížen čtyřmi silami o hmotnosti 500kg . Nosníkem je hřídel vyrobená z oceli 11 353.

Tab.7 Podpory nosníku hřídele

Podpora	Velikost F_y [N]	Velikost F_z [N]	Velikost M_{xy} [N]
A	10048.1	0	0
B	10048.1	0	0

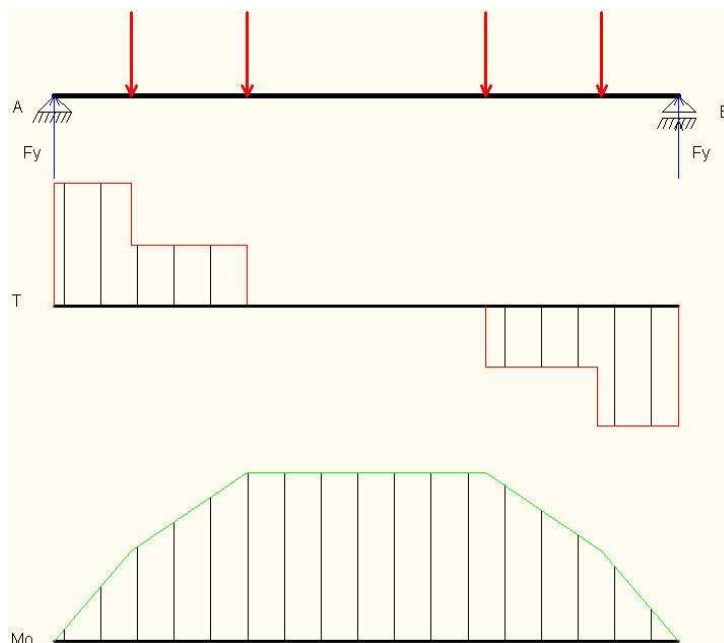
Tab.8 Průhyb nosníku

Průhyb [mm]	Natočení XY[rad]	Natočení XZ[rad]
-1.246133	-0.012180	0.000000
-4.961658	-0.005134	0.000000
-4.961721	0.005008	0.000000
-1.246323	0.012054	0.000000

Maximální napětí v ohybu: 202.3 [MPa]

Maximální napětí v krutu: 0 [MPa]

Úhel zkroucení: 0°



Obr.27 Průběh sil a ohybového momentu hřídele

6. Skladování a údržba

Přepravník by se měl skladovat v krytém prostoru a to zejména kvůli válečkům. Opotřebení ložisek je nutno kontrolovat jednou ročně a zároveň provést jejich mazání. Mazací tuk je doporučen STARPLEX EP 30-90°.

Válečky musí být okamžitě vyměněny, pokud vykazují pískání, nadměrné zahřívání, obtížně se točí, je poškozen pracovní povrch, nebo mají zvýšenou axiální a radiální vůli. Během provozu průběžně kontrolovat.

Při montáži jsou ložiska lehce mazána. Celá konstrukce je po montáži natřena syntetickou barvou.

Závěr

Cílem této práce bylo provedení konstrukčního řešení přepravníku, jenž bude využívat gravitační válečkové tratě pro manipulaci s EURO paletami a ohradovými paletami.

Přepravník je graficky zpracován v programu Solid Edge, kde každá součástka je namodelována do 3D rozhraní. Technická dokumentace obsahuje 2D výrobní výkresy, sestavy a svařovací sestavy.

Součástí práce je i technologická dokumentace, která je uložena na přiloženém CD. Dokumentace obsahuje simulaci obrábění v programu AlphaCam, včetně NC kódů vybraných součástí nutné pro jejich výrobu.

Řešení přepravníku je zcela originální především z důvodu velmi malé světlé výšky přepravníku k poměru jeho nosnosti a hlavně v řešení vykládky palet pomocí gravitační válečkové tratě. Přepravník je mým nápadem, byl vyroben a provozně vyzkoušen.

Seznam použitých zdrojů

Knižní zdroje

- [1] Gajdůšek J., Škopán M.: Teorie dopravních a manipulačních zařízení, skripta VUT Brno, 1988
- [2] Brandejs J., Svoboda P., Prokeš F.: Základy konstruování, 2. přepracované vydání, Akademické nakladatelství CERM, s r. o., Brno 2003
- [3] Vávra, P. a spol.:Strojírenské tabulky, Vydala Scientia, pedagogické nakladatelství,Praha 2000

Internetové zdroje

- [4] Katalog Koltico – traktorové diagonální pneumatiky
<http://www.koltico.cz>
- [5] Katalog Tranza a.s. – strojírenská firma dopravní komponenty dopravní systémy
<http://www.tranza.cz/cs/>
- [4] Wikipedia – internetová encyklopedie <http://cs.wikipedia.org>

Seznam použitých symbolů a zkratek

B_p	[mm]	šířka přepravníku
e	[m]	součinitel valivého odporu
f	[mm]	součinitel tření
f_c	[-]	součinitel čepového tření
F_H	[N]	hlavní odpory
F_N	[N]	vedlejší odpory
g	[m.s ⁻²]	tíhové zrychlení
h	[m]	dopravní výška
H_p	[mm]	výška přepravníku
k_1	[-]	počet válečků pod jednou paletou
L	[mm]	délka válečku
L_1	[mm]	délka válečku po osazení hřídele
L_2	[mm]	celková délka válečku včetně hřídele
L_p	[mm]	délka přepravníku
m_1	[kg]	hmotnost ložiska 6202
$m_{\check{c}}$	[kg]	hmotnost čela válečku
m_p	[kg]	hmotnost předmětu
m_{pl}	[kg]	hmotnost pláště válečku
m_v	[mm]	hmotnost válečku
m_v	[mm]	hmotnost válečku
m_v	[mm]	hmotnost válečku
m_v	[mm]	hmotnost válečku
$\varnothing d$	[mm]	průměr hřídele válečku
$\varnothing D$	[mm]	průměr válečku
p_1	[-]	počet válečků na jedné straně tratě
p_c	[-]	celkový počet válečků
r	[mm]	poloměr válečku
r_c	[mm]	poloměr čepu
s_v	[mm]	osazení hřídele válečku
s_v	[mm]	osazení hřídele válečku
s_v	[mm]	osazení hřídele válečku
s_v	[mm]	osazení hřídele válečku
v_0	[m.s ⁻¹]	rychlost na počátku tratě
V_{pl}	[m ³]	obsah pláště válečku
W	[N]	celkový odpor tření
W_1	[N]	odpor valivého a čepového tření
W_2	[N]	odpor válečků
β	[°]	úhel sklonu tratě
ρ_{fe}	[kg.m ⁻³]	hustota železa

Seznam příloh

Název výkresu	Číslo výkresu
CELKOVÁ SESTAVA PŘEPRAVNÍKU	SK4-11 / S1A1
KUSOVNÍK HLAVNÍ SESTAVY	SK4-11 / A4
SVAŘOVACÍ SESTAVA RÁMU PŘEPRAVNÍKU	SK4-11 / 1A1
SVAŘOVACÍ SESTAVA ZADNÍHO MECHANISMU	SK4-11 / 2A3-1
VÝROBNÍ VÝKRES HLAVNÍ SESTAVA	SK4-11 / 1A1-2
VÝROBNÍ VÝKRES HLAVNÍ SESTAVA	SK4-11 / 1A1-3
DODATEK	SK4-11 / 1